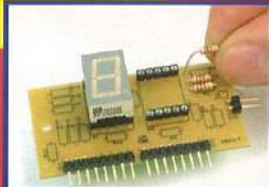
...e costruisci il tuo LABORATORIO DIGITALE

6,90 €

2

HARDWARE

DIGITALE DI BASE

MICROCONTROLLER

DIGITALE AVANZATO

TOTALMENTE PROGRAMMABILE!!!

9 771824 363008 41002

Peruzzo & C.

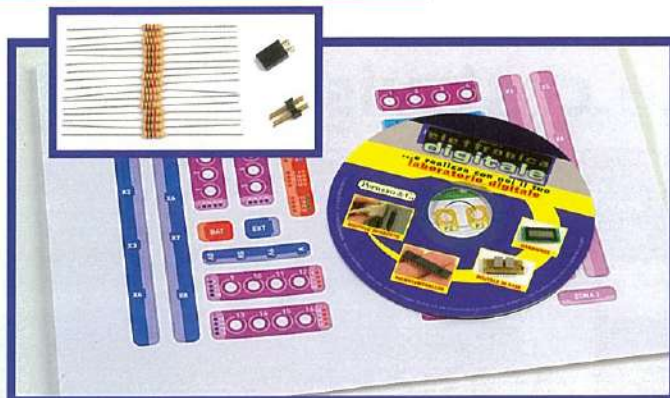
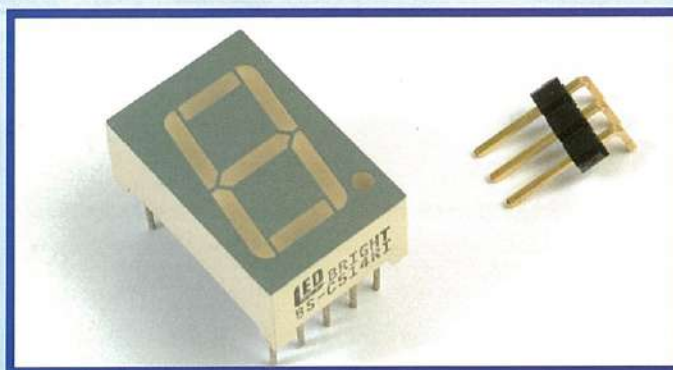
Direttore responsabile:
ALBERTO PERUZZO
Direttore Grandi Opere:
GIORGIO VERCELLINI
Consulenza tecnica e traduzioni:
CONSULCOMP S.n.c.
Pianificazione tecnica
LEONARDO PITTON

Direzione, Redazione, Amministrazione: viale Ercole Marelli 165, Tel. 02/242021, 20099 Sesto San Giovanni (Mi). Pubblicazione settimanale. Registrazione del Tribunale di Monza n. 1738 del 26/05/2004. Spedizione in abbonamento postale gr. II/70; autorizzazione delle Poste di Milano n. 163464 del 13/2/1963. Stampa: Staroffset s.r.l., Cernusco S/N (MI). Distribuzione SO.DI.P. S.p.A., Cinisello Balsamo (MI).

"ELETTRONICA DIGITALE"
si compone di
70 fascicoli settimanali
da suddividere
in 2 raccoglitori.

RICHIESTA DI NUMERI ARRETRATI. Per ulteriori informazioni, telefonare dal lunedì al venerdì ore 9.30-12.30 all'ufficio arretrati tel. 02/242021. Se vi mancano dei fascicoli o dei raccoglitori per completare l'opera, e non li trovate presso il vostro edicolante, potrete riceverli a domicilio rivolgendovi direttamente alla casa editrice. Basterà compilare e spedire un bollettino di conto corrente postale a PERUZZO & C. s.r.l., Ufficio Arretrati, viale Marelli 165, 20099 Sesto San Giovanni (MI). Il nostro numero di c/c postale è 42980201. L'importo da versare sarà pari al prezzo dei fascicoli o dei raccoglitori richiesti, più le spese di spedizione € 3,10 per pacco. Qualora il numero dei fascicoli o dei raccoglitori sia tale da superare il prezzo globale di € 25,82 e non superiore a € 51,65, l'invio avverrà per pacco assicurato e le spese di spedizione ammonteranno a € 6,20. La spesa sarà di € 9,81 da € 51,65 a € 103,29; di € 12,39 da € 103,29 a € 154,94; di € 14,98 da € 154,94 a € 206,58; di € 16,53 da € 206,58 in su. Attenzione: ai fascicoli arretrati, trascorse dodici settimane dalla loro distribuzione in edicola, viene applicato un sovrapprezzo di € 0,52, che andrà pertanto aggiunto all'importo da pagare. Non vengono effettuate spedizioni contrassegno. Gli arretrati di fascicoli e raccoglitori saranno disponibili per un anno dal completamento dell'opera. IMPORTANTE: è assolutamente necessario specificare sul bollettino di c/c postale, nello spazio riservato alla causale del versamento, il titolo dell'opera nonché il numero dei fascicoli e dei raccoglitori che volete ricevere.

IN REGALO in questo fascicolo

Serie di adesivi per il laboratorio
- 1 Connettore femmina da 2 pin a 90°
- 1 Connettore maschio 2x2 pin diritto
- 16 Resistenze 1 K 5% 1/4 W
- 1 CD-ROM Software

IN REGALO nel prossimo fascicolo

- 1 Display a 7 segmenti
- 1 Zoccolo maschio da 3 pin a 90°

COME RACCOGLIERE E SUDDIVIDERE L'OPERA NELLE 4 SEZIONI

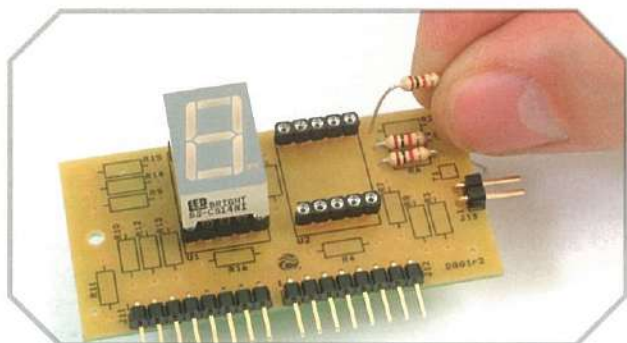
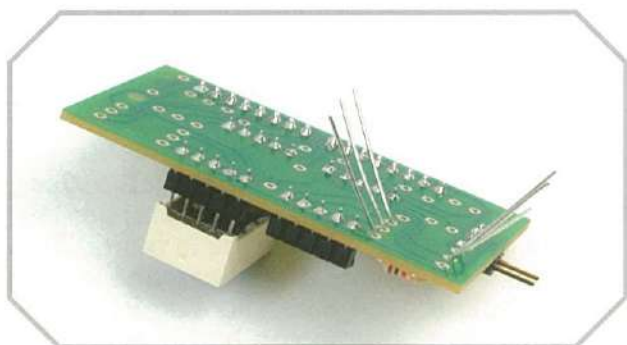
L'Opera è composta da **4** sezioni identificabili dalle fasce colorate, come indicato sotto. Le schede di ciascun fascicolo andranno suddivise nelle sezioni indicate e raccolte nell'apposito raccoglitore, che troverai presto in edicola. Per il momento, ti consigliamo di suddividere le sezioni in altrettante cartellette, in attesa di poterle collocare nel raccoglitore. A prima vista, alcuni numeri di pagina ti potranno sembrare ripetuti o sbagliati. Non è così: ciascuno fa parte di sezioni differenti e rispecchia l'ordine secondo cui raccogliere le schede. **Per eventuali domande di tipo tecnico scrivere al seguente indirizzo e-mail:** **elettronicadigitale@microrobots.it**

Hardware Montaggio e prove del laboratorio

Digitale di base Esercizi con i circuiti digitali

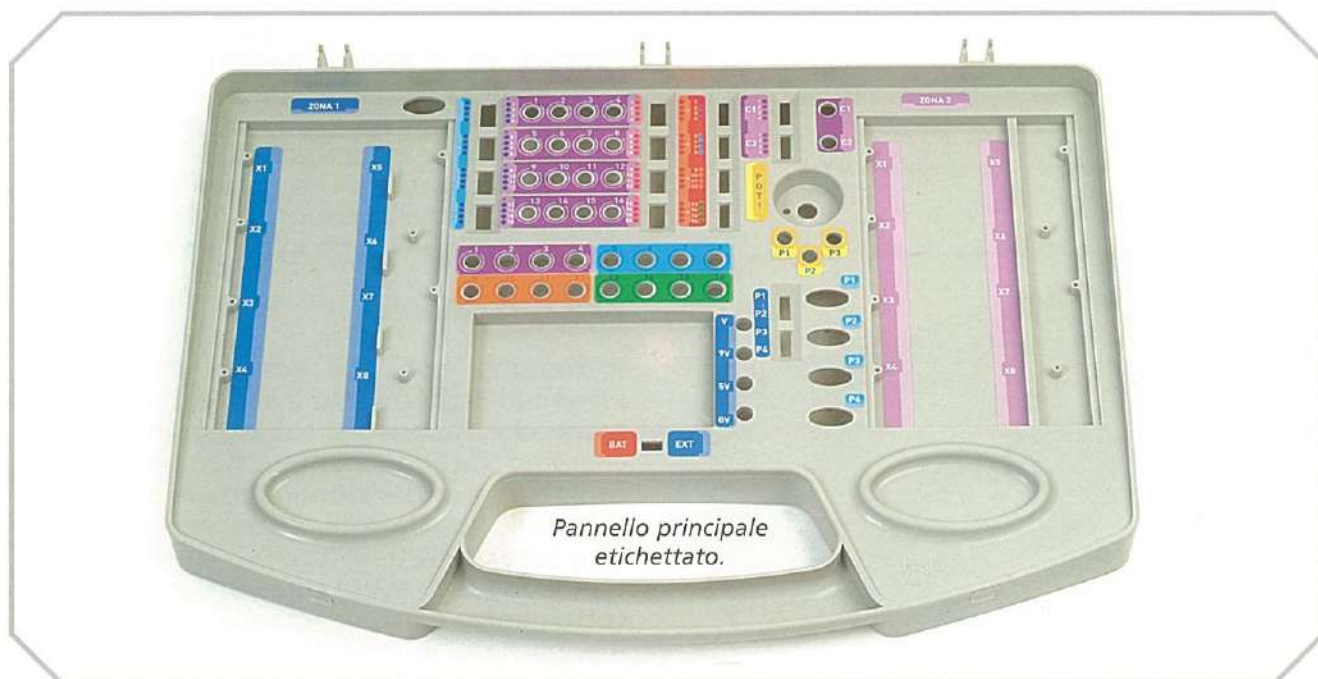
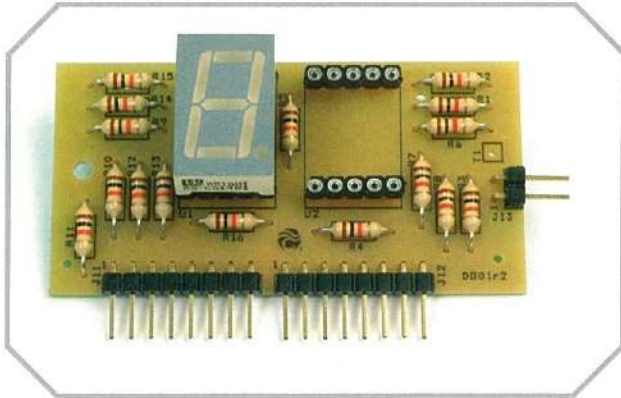
Digitale avanzato Esercizi con i circuiti sequenziali

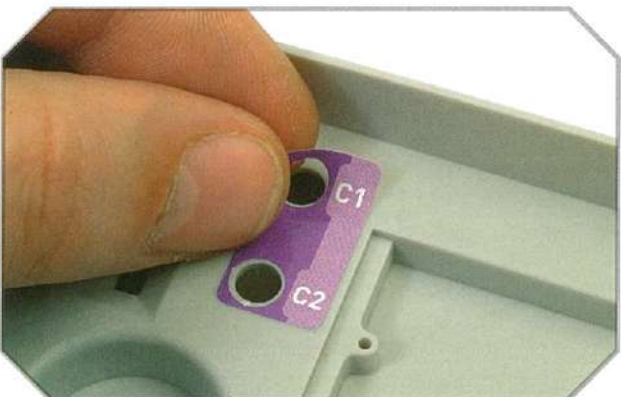
Microcontroller Esercizi con i microcontroller

Etichettatura del pannello principale

Nella scheda del circuito stampato sono identificate tutte le resistenze.

Le resistenze si fissano piegando i terminali.

In questo numero vengono fornite le etichette per il pannello principale del laboratorio, oltre alle 16 resistenze del circuito stampato corrispondente al pannello di presentazione del contatore digitale, con sigla DG01, e due connettori, che utilizzeremo in seguito sul circuito stampato di alimentazione 1, con sigla DG04.

PCB display

Prima di iniziare il lavoro di etichettatura, salderemo le 16 resistenze del PCB display DG01. Le resistenze sono tutte uguali, e per saldarle, piegheremo prima i loro terminali e le inseriremo nei fori situati agli estremi del rettangolo che, nella serigrafia, rappresentano le resistenze. Successivamente, allargheremo leggermente i terminali, allo scopo di non lasciarle cadere quando gireremo la scheda del circuito stampato per saldarle. La saldatura dovrà essere realizzata come vi abbiamo indicato, ovvero prima riscalderemo il terminale della resistenza e dopo avvicineremo lo stagno, muovendo leggermente il saldatore sullo stampato fino a che lo stagno ricopra

Pannello principale etichettato.

Ecco come deve rimanere il circuito, in attesa del resto dei suoi componenti.

Rifinitura del pannello principale.

L'etichetta va applicata con calma e precisione.

ricopra interamente la piazzola e si realizzi la saldatura. Applicheremo la quantità giusta di stagno per evitare di realizzare erroneamente dei collegamenti elettrici con le saldature vicine. È consigliabile saldare le resistenze poco a poco, dato che inserendole tutte sarà più difficile saldarle, infatti i terminali tendono ad avvicinarsi tra loro; inoltre è preferibile tagliare i terminali man mano che si saldano le resistenze. A questo punto dobbiamo solo aspettare il prossimo numero per disporre del secondo display.

Pannello principale

Il pannello principale è costruito con plastica flessibile, in modo da essere molto resistente ai colpi.

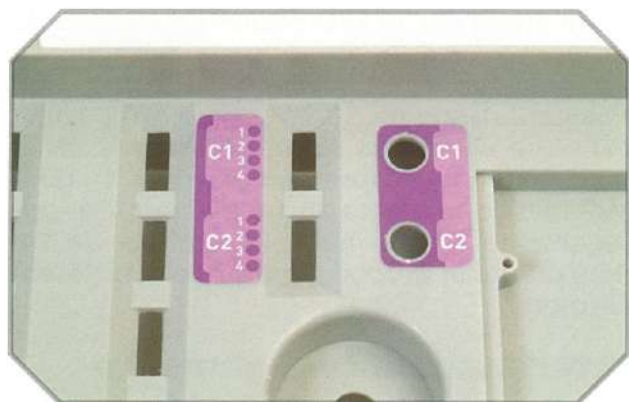
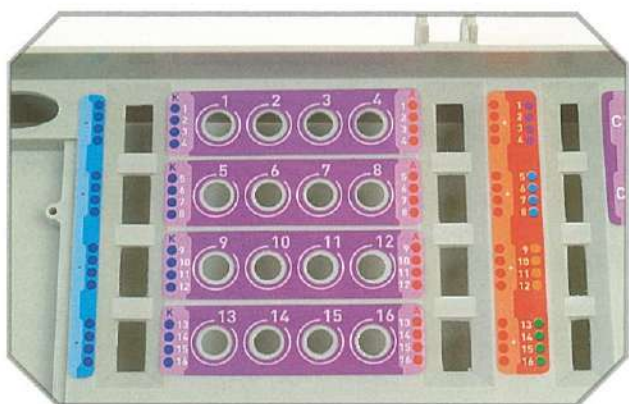
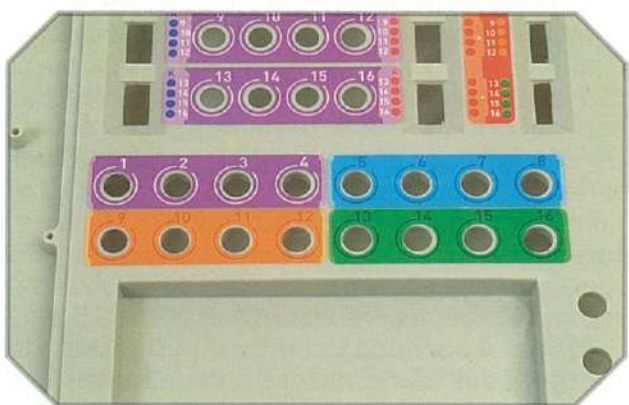
Conviene verificarlo, dato che alcuni fori potrebbero avere delle sbavature di plastica, le quali si possono togliere facilmente con una lametta, facendo però molta attenzione perché la plastica è facile da tagliare; per i fori circolari è possibile utilizzare la punta di un trapano, ovviamente girata a mano e non con il trapano. Se il pannello è sporco o impolverato, lo puliremo con un panno asciutto, senza prodotti chimici, poiché alcuni solventi potrebbero danneggiare la plastica.

Etichette

Le etichette sono stampate su un supporto adesivo, non si devono bagnare o piegare.

Prima di toccare le etichette bisogna lavare e asciugare bene le mani, mettersi in una posizione comoda ed eseguire il lavoro senza alcuna fretta, in modo che il laboratorio rimanga ben etichettato; bisogna, inoltre, aver cura di lavorare in un luogo ben illuminato.

Etichettatura

Inizieremo con gli adesivi più piccoli. Piegando leggermente il supporto faremo in modo che l'adesivo si sollevi, quindi lo staccheremo facendo molta attenzione a non romperlo, e lo posizioneremo nel punto indicato dalle illustrazioni. Alcuni adesivi devono rimanere centrati sui loro fori corrispondenti, qundi dovremo avere cura di posizionarli correttamente e, solo quando saremo certi li applicheremo definitivamente apportando una leggera pressione.

Inizieremo con le etichette piccole.

Zona della matrice a 16 LED, attenzione all'ordine!

Zona delle molle di collegamento da 1 a 16, attenti alla numerazione!

Tutti gli adesivi devono essere staccati con estrema attenzione; se non dovessero staccarsi bene dal loro supporto, utilizzare un paio di forbici. Le etichette si utilizzano nelle due zone destinate all'installazione della circuiteria, per identificare la posizione delle viti che sostengono i circuiti stampati.

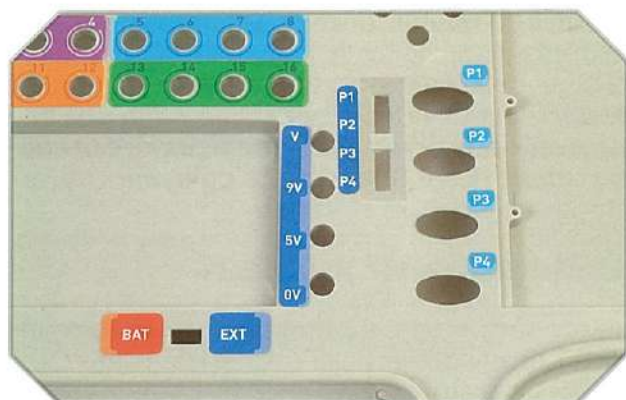
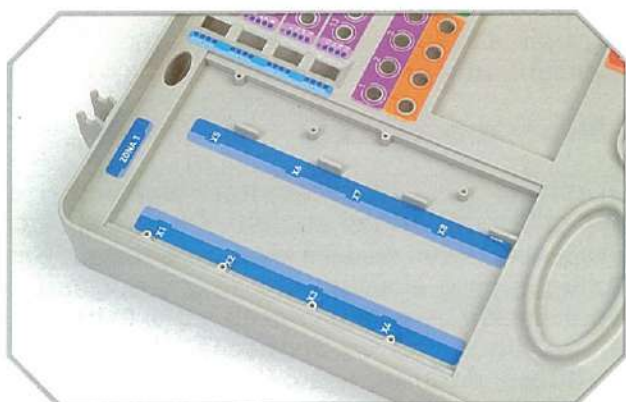
Collegamenti ausiliari

Ai connettori C1 e C2 tipo jack verranno collegati i terminali verticali etichettati come C1 e C2. Ci sono altri adesivi, anch'essi segnati come C1 e C2, ai cui lati troviamo quattro piccoli cerchi identificati con i numeri da 1 a 4, corrispondenti ai terminali del connettore maschio che, a suo tempo, monteremo sulle finestre rettangolari che possiamo vedere a lato. Questi adesivi devono rimanere centrati nella zona piatta che si trova tra queste finestre rettangolari e le altre più a sinistra, a seconda di come si guarda il laboratorio.

Matrice a 16 LED

In questa zona verrà montata una matrice a16 LED, ognuno dei quali ha l'anodo e il catodo accessibili. Al lato di ogni anodo c'è il collegamento alla tensione di 5 V e vicino a ogni catodo un collegamento a 0 V. In questo modo, inserendo un ponticello, che vi verrà fornito, si può fare una o l'altra connessione, o entrambe, se si vuole verificare che il LED funzioni correttamente. Ogni adesivo serve per etichettare i quattro LED, il primo corrisponde ai LED da 1 a 4, il secondo da 5 a 8, il terzo da 9 a 12 e il quarto da 13 a 16.

Nella foto possiamo vedere le otto finestre rettangolari di maggior dimensione, dalle quali fuoriuscirà, una volta montato, un connettore con otto terminali maschi distribuiti su due file da quattro terminali ciascuna. I quattro terminali di ogni fila, posizionati a lato dell'adesivo azzurro, saranno collegati al negativo dell'alimentazione, per questo motivo tutti i terminali di questo adesivo azzurro hanno lo stesso riferimento, il segno (-). I 16 terminali rimanenti di questi quattro connettori, identificati con l'adesivo centrale con i numeri da 1 a 16 con un punto azzurro corrispondono a ognuno dei catodi dei 16 LED.

All'altro lato di questo adesivo e nella zona vicina ai LED 4, 8, 12 e 16 sono posizionati i 16 terminali corrispondenti ai collegamenti

Zona dei pulsanti,
alimentazione e commutatore di alimentazione.

L'etichettatura serve da riferimento alle viti di sostegno dei PCB.

In questa zona monteremo i circuiti stampati con il microcontroller e la scheda di memoria.

degli anodi dei 16 LED e sono identificati da un punto rosso. A lato di questi terminali ve ne sono altri 16, tutti collegati al positivo dell'alimentazione da 5 V, e sono segnati come (+) e con un cerchio rosso, situato nell'adesivo con sfondo sempre arancio/rosso. Su questo adesivo troviamo anche i 16 punti di collegamento alle 16 molle, identificate da 1 a 16 e riunite in gruppi di quattro con differenti colori.

Interfaccia di collegamento

A destra della matrice dei LED c'è un altro adesivo verticale che identifica i 16 terminali che saranno collegati alle molle di collegamento, posizionate sopra una sede rettangolare che ospiterà la scheda dei prototipi. Le 16 molle si collegano a ognuno dei 16 terminali che si trovano a destra dei LED.

Potenziometro

Bisogna etichettare il potenziometro segnato come POT1 e i suoi terminali di collegamento P1, P2 e P3 mediante tre adesivi dello stesso colore.

Pulsanti

I pulsanti si identificano con etichette segnate dalla P1 alla P4. Alla loro destra trovano posto gli otto terminali di collegamento corrispondenti ai due terminali di ogni pulsante, anch'essi segnati come P1, P2, P3 e P4, in questo caso riuniti in una sola etichetta.

Alimentazione

L'etichetta BAT/EXT indica i due modi di alimentazione: nella posizione BAT il laboratorio è alimentato dalle batterie, nella posizione EXT viene alimentato da un alimentatore che verrà alloggiato nella parte superiore del laboratorio. Quando si alimenta tramite le batterie sono disponibili le tensioni di 4,5 e di 9 V, mentre quando si alimenta tramite alimentatore avremo 5 V, 9 V, e la tensione V, che si può regolare fino a 12 volt. I circuiti CMOS che useremo possono essere alimentati a 4,5 o 5 V.

Vicino alla scheda dei prototipi si troverà la tensione dell'alimentatore o delle batterie, a seconda di come è posizionato il commutatore, che si identifica con un'etichetta segnata come V, 9 V, 5 V e 0 V.

Il sistema binario

Prima di iniziare gli esercizi pratici bisognerà avere chiari molti concetti che, fortunatamente, non sono di difficile comprensione.
Di solito utilizziamo la numerazione decimale, composta da dieci simboli, dallo 0 al 9, la quale è una grande eredità lasciata dalla cultura araba.
Tuttavia, l'elettronica digitale, dal più semplice circuito con porte logiche al più complicato dei computer, utilizza il sistema binario.

Solamente due simboli

Il sistema binario, chiamato anche sistema di numerazione su base due, utilizza unicamente due simboli per rappresentare un numero. Questi simboli si assegnano a due stati o livelli di tensione.

Per utilizzare il sistema binario si assegna lo "zero" a zero volt e "uno" ad una determinata tensione, ad esempio 5 V nella classica famiglia TTL, quest'ultimo potrebbe essere qualsiasi altro valore, compreso lo stato di un circuito, a seconda della macchina che stiamo analizzando. A proposito del termine "macchina", occorre dire che è molto diffuso e generico.

In alcuni casi si usa anche la logica negativa, in cui allo zero si assegna il livello alto di tensione e all'uno il livello basso.

L'elettronica digitale è basata sulla logica matematica, che per inciso, è precedente ai computer digitali. Per questo è molto comune parlare di "livelli logici", e sono molto frequenti le espressioni "livello logico uno" o "livello logico zero", così come è normale la loro trascrizione numerica zero e uno, in quanto risulta essere più breve.

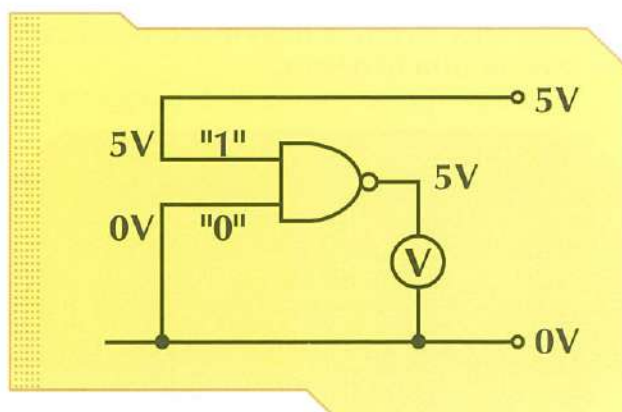
La traduzione

Mentalmente siamo abituati a lavorare su base dieci, anche se le macchine lavorano su base due. Questo ci obbliga a pensare in base dieci e a lavorare in base due, quindi è necessario saper passare da un sistema all'altro. Prima, però, vediamo come si utilizza il sistema binario.

Se abbiamo solo due simboli, che chiameremo zero e uno, potremo rappresentare unicamente due valori: lo zero e l'uno. Per evitare eventuali dubbi, ricordiamo come funziona il sistema decimale. Nel sistema decimale ci sono dieci simboli, dallo 0 al 9, e risulta evidente che utilizzando un unico simbolo possiamo rappresentare solo dieci valori. Nel sistema decimale, per rappresentare valori maggiori, aggiungiamo cifre alla sinistra. Nel sistema binario succede esattamente la stessa cosa.

Ordine

Per rappresentare numeri più grandi si ricorre ai raggruppamenti di ordine superiore. Nel sistema binario due unità di un ordine formano l'ordine superiore, in modo che con una "cifra" possiamo rappresentare 2 valori, lo 0 e l'1, con 2 cifre 4 valori, con 3 cifre 8 valori, con 4 cifre 16 valori e così via, ogni cifra aggiunta duplica la quantità di valori rappresentati. Le cifre, così come nel sistema decimale, si aggiungono a sinistra.

Al valore 1 si assegna una tensione, e allo 0 zero volt.

Prova di una porta NAND.

Potenze del 2.

Esempi

Ad esempio, il numero decimale 6 in binario si scrive come 110. Tuttavia, normalmente si rappresentano gruppi di 4, 8, 16, ecc. cifre, pertanto il numero 6 abitualmente si rappresenta come 0110. Ricordiamo, però, che con quattro cifre possiamo rappresentare solo 16 valori, cioè i valori decimali da 0 a 15.

Vediamo un altro esempio: vogliamo rappresentare in binario il numero decimale 37, che sarebbe 100101 e si rappresenterà 0010 0101 perché si usano gruppi di 4 cifre lasciando uno spazio libero fra di essi. Ogni posizione o cifra utilizzata riceve il nome di bit, quindi, nel primo esempio utilizziamo una rappresentazione a 4 bit e nel secondo a 8 bit.

Cambio di base

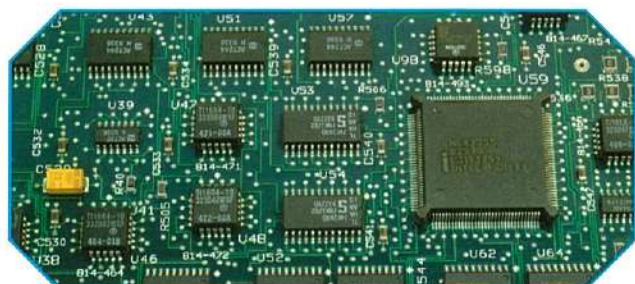
Di seguito spiegheremo i procedimenti per cambiare di base, il primo da decimale a binario e il secondo da binario a decimale; una volta utilizzato uno, impiegheremo l'altro per verificare.

Passaggio da decimale a binario

La spiegazione teorica deve essere seguita consultando l'illustrazione.

Iniziamo dal numero decimale che vogliamo rappresentare in base 2:

- Si divide per due e si ottiene un quoziente e un resto, il resto è il bit meno significativo, cioè, la cifra di destra;

- Il quoziente ottenuto, se è maggiore di

I computer lavorano su base 2.

Cambio di base da decimale a binario.

uno, viene diviso nuovamente per due, ottenendo nuovamente un quoziente e un resto, il resto è il bit successivo, e così via fino a che il quoziente è zero;

- Il numero in binario si forma con i resti, che possono avere solamente il valore zero e uno, ordinati a seconda di come vengono ottenuti da destra a sinistra.

Passaggio da binario a decimale

Il procedimento per convertire un numero dal sistema binario al sistema decimale, diventa maggiormente comprensibile con un esempio:

- Si sceglie il primo bit iniziando da sinistra e si moltiplica per 2 elevato a zero (cioè per 1), e si tiene il risultato;

- Il bit successivo si moltiplica per 2 elevato a 1 (x2) e si somma il risultato ottenuto al precedente;

- Analogamente, moltiplicheremo per 2 elevato a 2 (x4) il bit successivo e sommeremo il risultato al precedente, e così via. Le potenze incrementano di uno in uno fino a quando avremo dei digit.

La somma finale ottenuta costituisce la rappresentazione in decimale del numero originale rappresentato in binario.

Cambio di base da binario a decimale.

Multiplexer

Il multiplexer è un dispositivo che seleziona l'ingresso dei dati fra più ingressi a disposizione e trasmette l'informazione di questo ingresso ad un'unica uscita. Il principio fondamentale di un multiplexer è quello di un commutatore, però questo commutatore ha un controllo digitale. Si tratta di circuiti molto utilizzati, singolarmente o all'interno di dispositivi più complessi.

Numero di ingressi

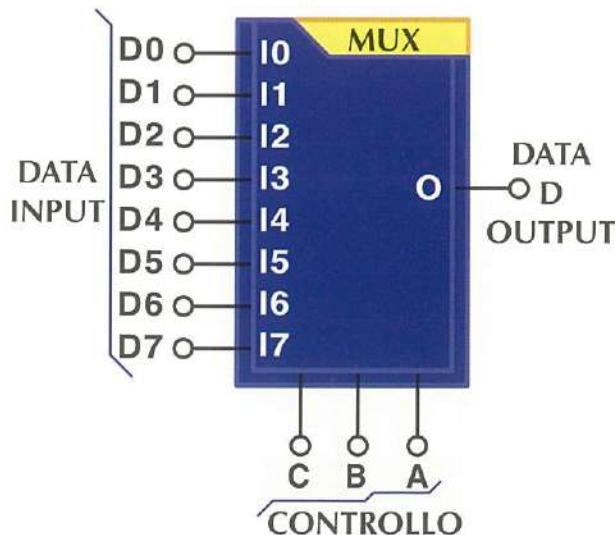
Il numero di ingressi di un multiplexer è determinato da quello dei terminali di controllo, ovvero, dal numero di bit utilizzato per controllare questi ingressi. In questo modo, con un ingresso di controllo, avremo due ingressi di dati; con due ingressi di controllo, quattro ingressi di dati; con tre ingressi di controllo, otto ingressi di dati; con quattro ne avremo sedici, e così via. Come si può vedere, per ogni bit o terminale di controllo che si aggiunge, si duplica il numero di ingressi da multiplexare.

Controllo		Output
B	A	
0	0	0
0	1	1
1	0	2
1	1	3

Multiplexer analogico a quattro ingressi.

Multiplexer analogici

L'utilizzo dei multiplexer analogici è molto diffuso, in questo caso i segnali d'ingresso e di uscita sono analogici, mentre quelli di controllo sono digitali.

Un impiego molto semplice per questo tipo di multiplexer è la commutazione audio, applicata ad esempio ad un preamplificatore per "selezionare" un ingresso fra i diversi possibili e connetterlo ad un amplificatore di potenza: in questo caso l'applicazione del circuito è praticamente diretta.

Multiplexer di dati a otto ingressi.

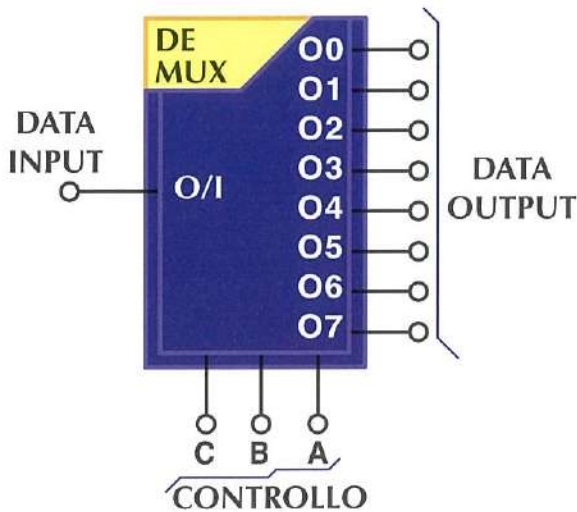
Multiplexer digitali

In questo tipo di circuiti i segnali che si attribuiscono agli ingressi sono dei dati, l'uscita è un'uscita di dati e il controllo continua a essere digitale.

Per ottenere un dato in uscita bisogna applicare ai terminali di controllo il codice binario corrispondente al numero dell'ingresso. Ad esempio, per un multiplexer da 8 a 1, se vogliamo portare il dato della linea 5 sull'uscita, sarà necessario attribuire ai terminali di controllo il codice 101, ovvero 5 espresso in binario.

Una delle applicazioni per questo tipo di multiplexer è la trasmissione dei dati.

Demultiplexer

Il demultiplexer compie la funzione inversa del multiplexer, ha una linea di ingresso e i dati che riceve tramite questa linea li distribuisce alle sue uscite a seconda del codice binario applicato ai terminali di controllo.

Demultiplexer a otto uscite.

Come potrete osservare, si utilizza il termine "linea di ingresso": questo termine non è utilizzato a caso né si tratta di un capriccio linguistico, perché il segnale viene ricevuto tramite un filo, si applica al demultiplexer e questo lo distribuisce alle diverse linee di uscita.

Multiplexer-demultiplexer

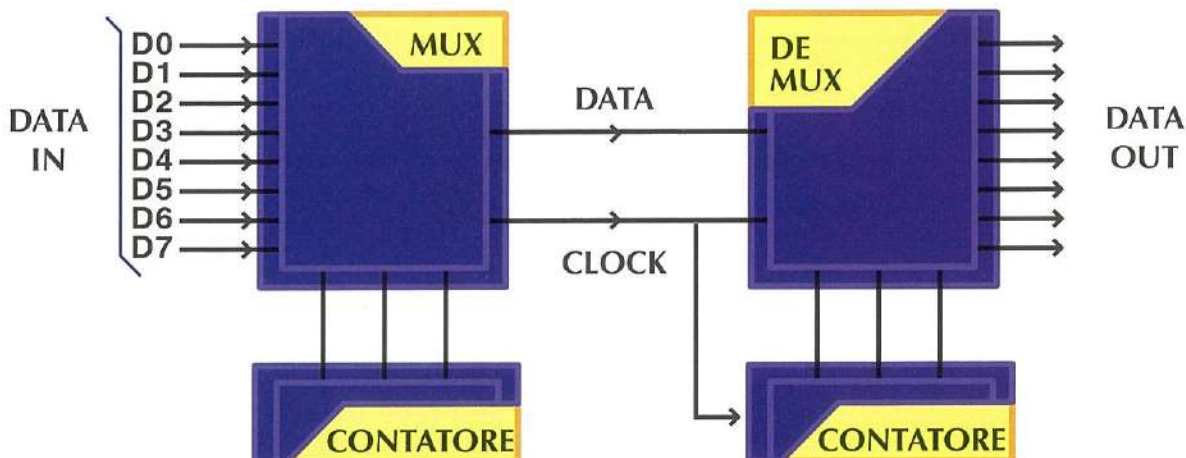
Abbiamo già visto i concetti fondamentali di un multiplexer e di un demultiplexer, ora supponiamo di avere i segnali di un bus a 8 bit, però, prima di proseguire, spieghiamo brevemente ai meno esperti che per bus si intendono gli 8 bit in parallelo collegati agli otto fili alle cui estremità è possibile, tramite un multimetro, misurare se il dato è uno oppure zero. Se applichiamo questi otto fili agli otto ingressi di un multiplexer, avremo sull'uscita, ordinati secondo un determinato criterio, i dati di ognuno degli ingressi.

Per fare in modo che i dati siano portati sull'uscita secondo un certo ordine, possiamo collegare un contatore sui terminali di controllo, il quale avanzerà grazie ad un generatore di impulsi, ovvero, ad un clock.

In altre parole, con questa operazione ridurremo gli otto fili, o linee di dati, ad uno solo. Questa linea di uscita la porteremo ad un demultiplexer piuttosto lontano.

Se realizziamo il processo contrario, applicando un contatore ai terminali di controllo del demultiplexer, otterremo sulle uscite i dati che prima avevamo sugli otto fili, e che ora possiamo nuovamente trasmettere su otto linee, recuperando così il segnale originale.

Trasmissione dei dati

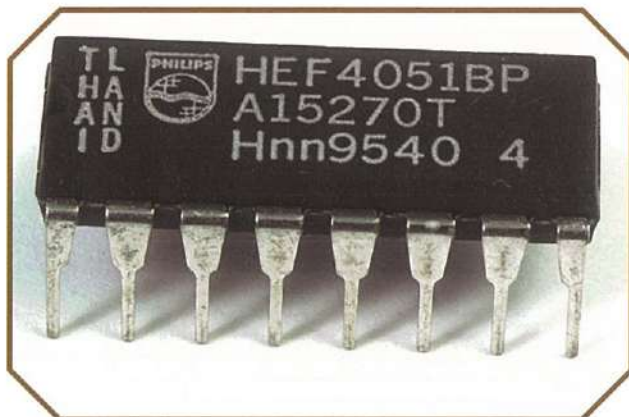
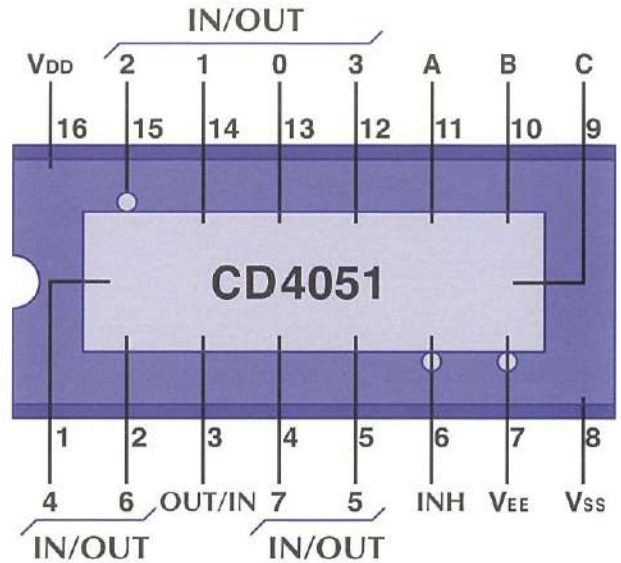
Nel paragrafo precedente abbiamo descritto un rudimentale sistema che riceve i dati in parallelo, li trasmette su di una sola linea – uno dopo l'altro – cioè in serie e successivamente torna a recuperarli in parallelo. Qui si può vedere, anche se in forma molto rudimentale, la conversione dei dati da parallelo a seriale e da seriale a parallelo, oltre alla trasmissione dei dati in seriale su di una sola linea. Questo circuito è molto semplice, però miglioreremo il modello prendendo in considerazione altri concetti.

Principio di base della trasmissione di dati seriali.

Abbiamo parlato di un contatore che, durante il suo conteggio, originava una determinata sequenza di bit di controllo per il multiplexer, e di un altro contatore che faceva la stessa cosa per il demultiplexer; uno dei punti cruciali di quest'ultimo circuito è che il codice binario che si applica al demultiplexer deve corrispondere al dato che arriva in quell'istante per fare in modo che l'uscita sia adeguata. In altri termini, i contatori devono essere sincronizzati e uno dei modi più semplici per farlo è quello di portare il segnale di clock su un'altra linea. Per quanto questa soluzione sia semplice, il circuito può già funzionare in modo pratico, anche se con molte limitazioni. Introduciamo, quindi, il concetto di sincronizzazione. In un sistema reale di trasmissione dei dati, vengono utilizzati circuiti e protocolli per poter ottenere i segnali che entrano nel sistema. Con il metodo del multiplexer si riesce a trasmettere un alto numero di canali di dati con un ridotto numero di fili.

Circuiti commerciali

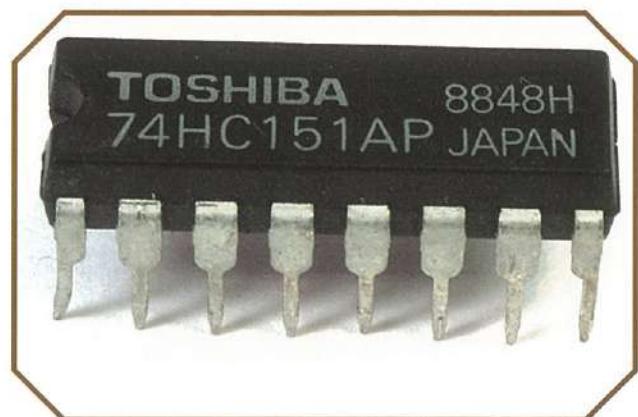
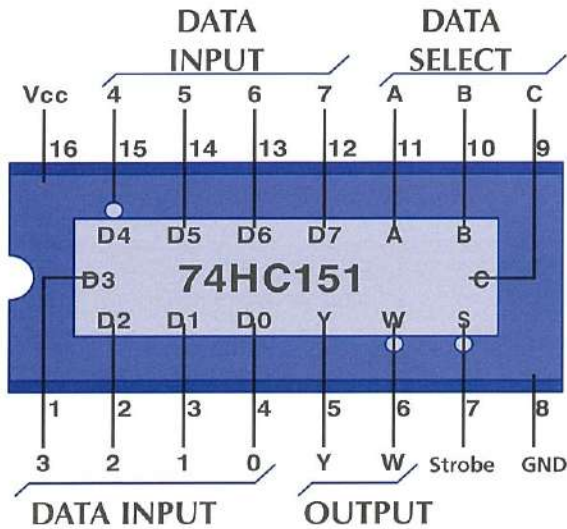
Esistono molte famiglie di circuiti logici che comprendono i multiplexer. Molti modelli sono circuiti combinazionali, ovvero, sono formati da porte logiche e il loro utilizzo semplifica molto il progetto del circuito, dato che diversamente bisognerebbe costruirli utilizzando grandi quantità di porte logiche.

CI 4051

Questo circuito integrato di basso consumo CMOS è molto utilizzato nonché facile da trovare nei negozi. È di tipo analogico e si può utilizzare anche per i dati, facendo però attenzione a mantenere ai bit di controllo il tempo sufficiente affinchè il dato passi correttamente all'uscita.

Multiplexer analogico 4051.

In generale i circuiti CMOS sono piuttosto lenti, però hanno costi e consumi molto bassi. Il loro utilizzo è conveniente quando non si necessita di una grande velocità di esecuzione.

Questo multiplexer ha otto ingressi, un'uscita e tre ingressi di controllo, oltre ai due terminali di alimentazione, cosa che non va dimenticata dal momento che frequentemente ci si concentra solo sui collegamenti dei segnali digitali, dimenticando di collegare l'alimentazione.

Circuito integrato 4051.

Circuito integrato 74HC151.

Multiplexer digitale 74HC151.

Multiplexer selettore 74HC15.

CI 74151

Questo circuito è un multiplexer digitale a otto ingressi di dati, un'uscita negata e tre terminali di controllo. Fa parte della famiglia TTL e dispone anche di un ingresso di abilitazione che deve essere a livello basso per poter selezionare uno degli ingressi.

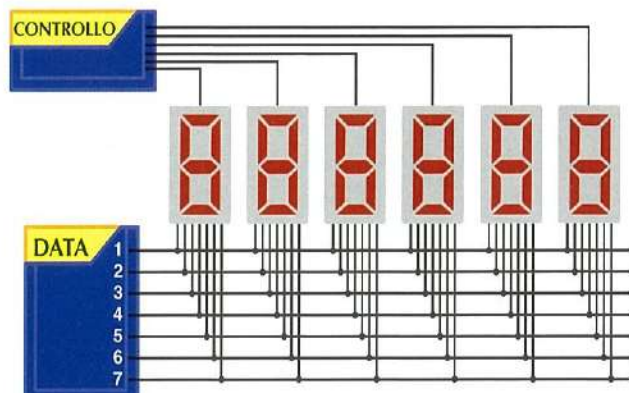
CI 74157

Questo circuito è realmente un multiplexer selettore che ha due ingressi di dati da quattro bit ognuno e un'uscita da quattro bit. Attraverso un bit di controllo, è possibile selezionare uno o l'altro gruppo di ingressi e determinare quali sono i quattro bit di ingresso che verranno portati all'uscita.

Circuito integrato 74HC157.

Display multiplexato

Nei display, specialmente quelli a LED con molti digit, è possibile risparmiare su cablaggio e consumo illuminandoli alternativamente ad una frequenza così elevata che l'occhio umano non riesce a percepire quando si spengono, grazie alla persistenza dell'immagine sulla retina.

Ad esempio, per sei display da sette segmenti sono necessari 42 fili di connessione o piste di PCB, invece è possibile collegare sei display in parallelo e utilizzare solo sette fili e con altri sei selezionare il display che si illumina, allo stesso tempo inviare sulle sette linee l'ordine al display per fare illuminare i segmenti necessari a rappresentare il numero corretto.

Display multiplexato.

Caratteristiche

Ci siamo fatti una prima idea di cosa sono in grado di fare i microcontroller, ma, non conoscendo il loro funzionamento interno, non sappiamo ancora come possano realizzare molteplici funzioni. Come è possibile che un chip così piccolo risolva tanti problemi?

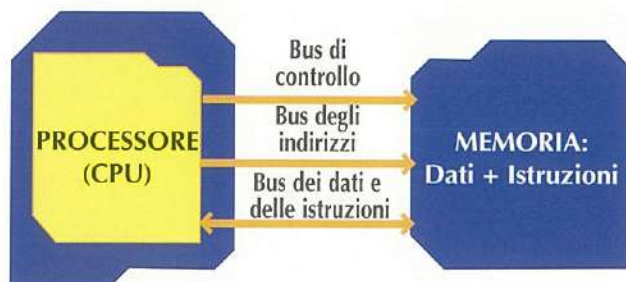
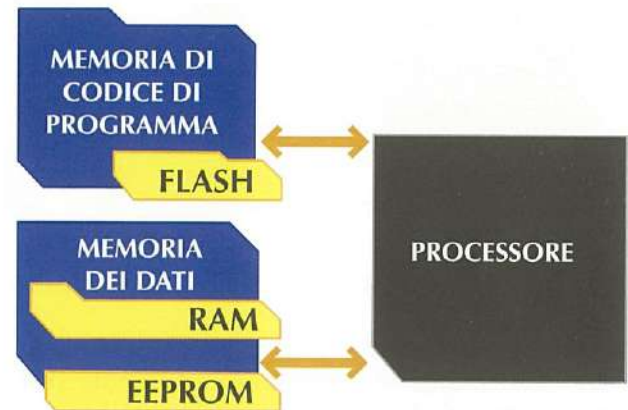
La tecnologia con cui si fabbricano i microcontroller, così come quella di molti circuiti integrati, è la CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor). I dispositivi CMOS, oltre ad avere caratteristiche quali basso consumo, elevata immunità al rumore, ecc., hanno un'alta integrazione di transistor in uno spazio ridotto.

Questa caratteristica permette ad un piccolo chip di essere così funzionale, ma allo stesso tempo, è anche una limitazione che fa sì che non esistano molte differenze fra i diversi tipi di microcontroller. La struttura e le caratteristiche fondamentali di questi ultimi sono simili.

Tutti i microcontroller si assomigliano, anche se tutti sono diversi, per questo è necessario spiegare i dispositivi comuni a tutti, tenendo sempre presente le differenti alternative offerte in ogni modello.

Tipi di architettura

Inizialmente i microcontroller presentavano un'architettura Von Neumann, però col tempo si impose l'architettura Harvard, adottata tuttora da tutti i microcontroller.

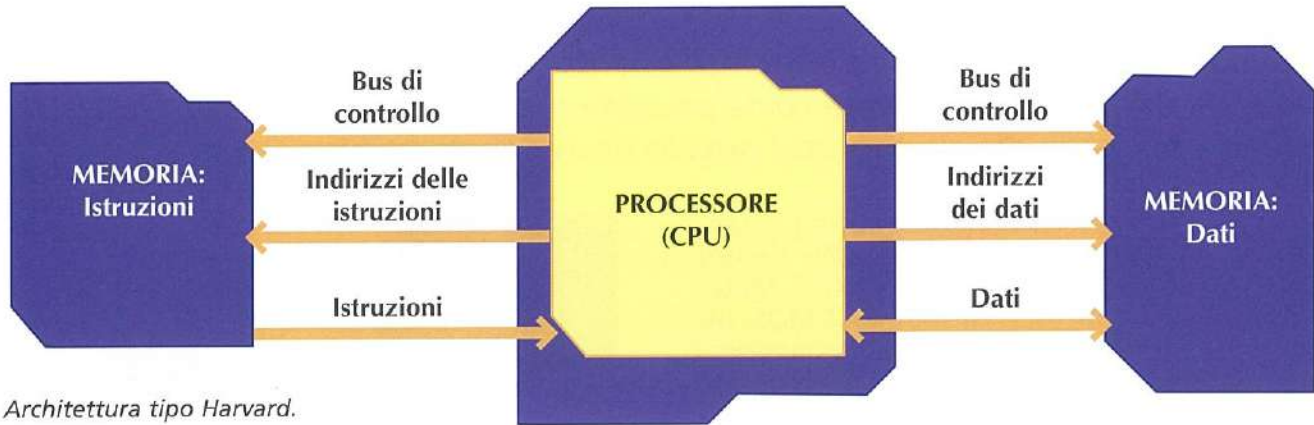
L'architettura Von Neumann è caratterizzata dal fatto che la CPU si collega ad una memoria unica dove coesistono dati e istruzioni tramite un unico sistema di bus (indirizzi, dati e controllo). Questo provoca un ritardo nel sistema, infatti quando la CPU si indirizza alla memoria, prima deve estrarre le istruzioni e dopo i dati per poter eseguire questa istruzione.

Architettura tipo Von Neumann.

Tipi di memoria utilizzati nei PIC 16F87X.

L'architettura Harvard, al contrario, dispone di una memoria per i dati e un'altra per le istruzioni. Le memorie sono indipendenti l'una dall'altra e dispongono di un proprio sistema di bus per l'accesso. Questa caratteristica permette il parallelismo, ovvero, si possono realizzare operazioni simultanee su entrambe le memorie, estraendo contemporaneamente istruzioni e dati, ne consegue, quindi, un elevato rendimento nell'elaborazione delle istruzioni.

Il processore

Il processore è l'elemento più importante del microcontroller e ne determina le sue principali caratteristiche, sia a livello hardware che software.

Ha il compito di indirizzare la memoria delle istruzioni, di ricevere il codice operativo (opcode) dell'istruzione in corso, della sua decodificazione e dell'esecuzione dell'operazione aritmetica o logica che implica l'istruzione. Realizza anche la ricerca degli operandi e la memorizzazione del risultato.

Facendo riferimento all'architettura e

Architettura tipo Harvard.

alla funzionalità dei processori, attualmente tre orientamenti:

– La filosofia CISC riguarda i microcontroller con un insieme di istruzioni complesse, normalmente più di 80, alcune delle quali possono richiedere molti cicli di clock per la loro esecuzione data la loro complessità e potenza.

– La filosofia RISC viene adottata da gran parte dei microcontroller e implica un insieme di istruzioni ridotte che si basano su operazioni semplici generalmente eseguite in un ciclo di clock, questo significa semplicità e velocità.

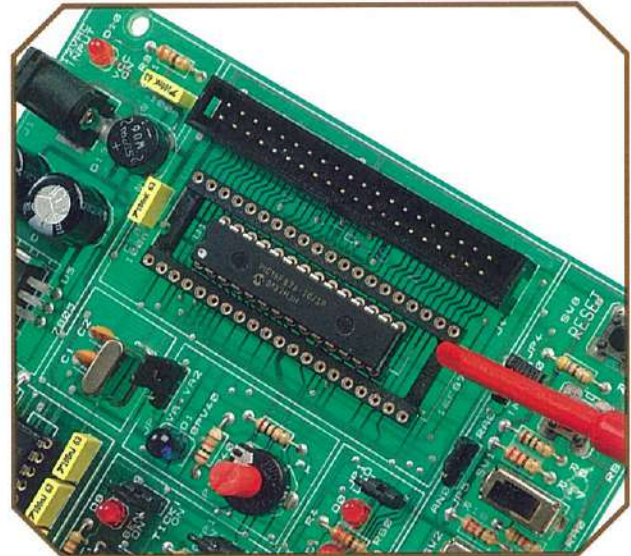
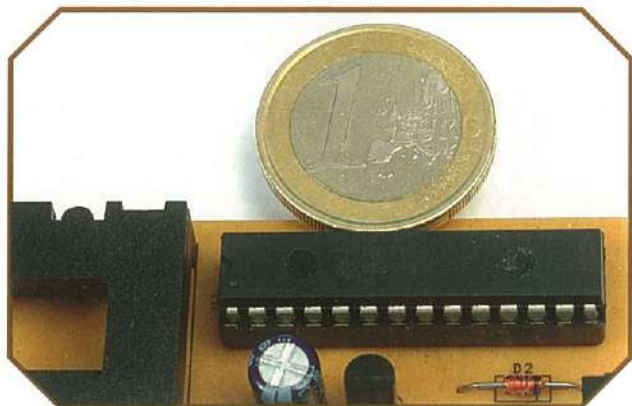
– In ultimo, la filosofia SISC si applica ai microcontroller destinati a compiti molto specifici, quindi adattano le loro istruzioni alle necessità dell'applicazione cui sono dedicati.

La memoria di programma

Nella memoria di programma del microcontroller sono contenute tutte le istruzioni del programma di controllo, e ovviamente sono memorizzate in modo permanente. Per fare ciò si possono utilizzare diversi tipi di memoria:

– ROM mascherata. Si tratta di una memoria non volatile di sola lettura il cui contenuto viene scritto durante il processo di fabbricazione del chip. Gli alti costi di progetto della maschera permettono di utilizzarla solo in grandi serie.

– EPROM. Il microcontroller ha, sulla superficie del suo contenitore, una finestra tramite la quale può essere sottoposto ai raggi ultravioletti.

Finestra di cancellazione di una memoria EPROM.

Microcontroller 16F876 di Microchip.

Microcontroller 16F870 di Microchip.

Scheda di memoria.

Mediante questi raggi è possibile cancellare la memoria per il suo successivo riutilizzo. Questo particolare tipo di contenitore rende elevato il costo del microcontroller.

– OTP. Si possono scrivere solamente una volta, però può farlo lo stesso utente mediante un semplice scrittore collegato al PC. Il loro prezzo è ridotto.

– EEPROM. Così come le memorie EPROM e OTP, la loro scrittura si realizza mediante segnali elettrici, le EEPROM, però, possono anche essere cancellate mediante segnali elettrici tante volte quante si desidera.

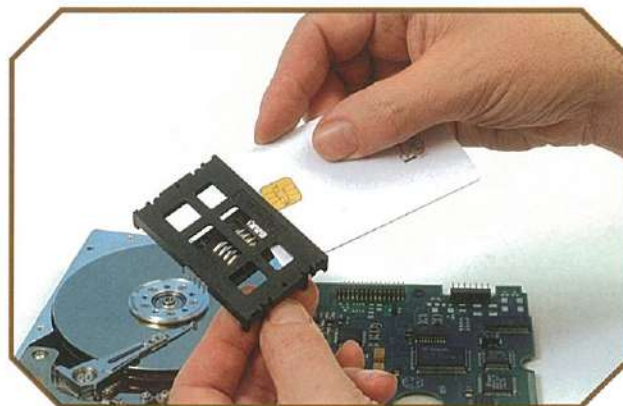
– FLASH. Si tratta di una memoria non volatile di basso consumo che si può cancellare e scrivere mediante segnali elettrici e che presenta, di solito, una capacità elevata e una maggiore velocità di accesso.

La memoria dei dati

Quando si gestiscono dati in un programma, questi variano continuamente, quindi la memoria che li contiene deve necessariamente essere di lettura e scrittura. Normalmente i dati si memorizzano nella memoria RAM, che è una memoria volatile.

Esistono microcontroller che possiedono una memoria di tipo EEPROM per contenere i dati, quindi questi non vanno persi in caso di mancanza di tensione elettrica, anche se si tratta di casi rari.

Le porte di ingresso e uscita

Il principale utilizzo delle linee di ingresso e uscita consiste nel mettere in comunicazione il computer interno con le periferiche esterne, anche se possono servire per alimentare il microcontroller, fornire una frequenza di lavoro e resettarlo.

A seconda del modello, il microcontroller supporta diversi controller di periferica e, in base ad essi, le linee di ingresso e uscita (I/O) sono destinate a supportare i segnali di ingresso, uscita e controllo.

Tra i dispositivi di questo tipo su cui può contare un microcontroller troviamo la UART (adattatore di comunicazione seriale asincrona), la USART (adattatore di comunicazione seriale sincrona e asincrona), la porta parallela slave (per collegare i bus degli altri microprocessori), il bus I2C, ecc.

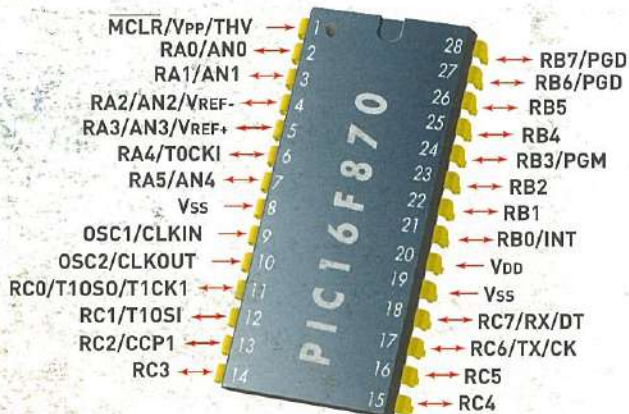
Il clock principale

Tutti i microcontroller dispongono di un circuito oscillatore che genera una frequenza. Mediante questa frequenza configuriamo gli impulsi di clock che sincronizzano tutte le operazioni del sistema.

Generalmente, il circuito di clock è integrato nel microcontroller e sono necessari solamente pochi componenti esterni per selezionare e stabilizzare la frequenza di lavoro.

Una maggiore frequenza di clock implicherà una diminuzione del tempo di esecuzione delle istruzioni, ma anche un incremento nel consumo di energia.

Dispositivi speciali

Secondo le applicazioni, ogni modello di microcontroller integra una varietà di

Distribuzione dei terminali del 16F870.

Le porte scambiano informazioni con l'esterno.

complementi che aumentano la potenza del dispositivo. Possono essere dotati di grande capacità di memoria, avere una gamma completa di dispositivi o, semplicemente, essere ridotti ad una architettura di base con prestazioni minime per applicazioni molto semplici.

I principali dispositivi specifici che integrano i microcontroller sono:

– Temporizzatori o timer: si utilizzano per controllare periodi di tempo (temporizzatori) o per eseguire il conteggio di eventi esterni (contatori).

– Watchdog: è un temporizzatore che quando va in overflow e passa per lo 0 provoca un reset del sistema. Il programma dovrà reinizializzare il conteggio del watchdog prima che questo provochi il reset. In questo modo, in caso di errori o blocchi del programma, il temporizzatore non viene reinizializzato e provoca il reset.

– Protezione da calo di tensione o Brownout: si tratta di un circuito che resetta il microcontroller quando la tensione di alimentazione risulta essere inferiore a quella minima (brownout).

– Stato di riposo o basso consumo: stato di risparmio di energia in cui entra il microprocessore quando non è operativo e da cui esce quando si produce un interrupt che lo avvisa del fatto che si è verificato l'evento previsto.

– Convertitore A/D: permette al microcontroller di elaborare segnali analogici.

– Convertitore D/A: trasforma i dati digitali ottenuti dall'elaborazione al loro corrispondente valore analogico.

– Comparatore analogico: amplificatore operazionale interno che funziona come comparatore fra un segnale fisso di riferimento e un altro variabile. L'uscita del comparatore fornisce un livello logico 1 o 0, a seconda se un segnale sia maggiore o minore di un altro.

– Modulatore dell'ampiezza degli impulsi o PWM: sono circuiti che, alla loro uscita, forniscono impulsi ad ampiezza variabile.

Trattamento dei dati analogici e/o digitali.